Тема 2 · Урок 2.2

Повороты и развороты

Робот поворачивает на месте на 90° и разворачивается на 180°. Время поворота подбираешь сам.

2 × 45 мин | 1–2 ученика на робота | Практика

РЕЗУЛЬТАТ УРОКА

Робот поворачивает на 90° налево и направо и разворачивается на 180°. Время поворотов подобрано и записано в бортовой журнал, повороты оформлены функциями.

Ты научишься

- Объяснить, почему робот крутится на месте, когда колёса вращаются в разные стороны.
- Подобрать время поворота опытом и проверить его повторением.
- Написать функции turnLeft(), turnRight() и turnAround().
- Предсказать, куда приедет робот по последовательности движений.

Нужно знать

- 2.1 Моторы: едем и останавливаемся

Понадобится

- Мотор-редуктор × 2
- Шилд моторов L298P (Амперка)
- Батарейный отсек моторов с выключателем

Зачем этот урок

Робот умеет ездить вперёд и назад. Но на поле итоговой задачи нужно сворачивать к грузам и разворачиваться. Сегодня робот научится поворачивать на месте, а ты — подбирать числа опытом, как настоящий инженер.

РАЗМИНКА · ВСПОМНИ

1. Какая команда задаёт направление вращения колеса?
2. Что будет, если включить моторы и не написать `stopMotors()`?
3. Чем описание функции отличается от её вызова?

1

ЗАНЯТИЕ 1 · 45 МИН

Поворот на месте

1 Колёса в разные стороны

10 мин

Что должен делать робот. Курьеру нужно менять направление: повернуть к ответвлению и развернуться для обратной поездки. Поворот получим теми же двумя моторами, без отдельного рулевого механизма.

Что используем и как это работает. Когда колёса проходят разные расстояния, корпус поворачивается. Если одно колесо вращается вперёд, а другое назад, робот разворачивается примерно вокруг середины между колёсами. Функция поворота объединяет направления колёс, время вращения и остановку.

Как связать измерение с действием. В этом уроке угол задаём временем работы моторов. Это приближение: заряд батареи, покрытие и проскальзывание меняют результат. Измерим получившийся угол, подберём время и повторим опыт. Имя turnLeft само по себе не гарантирует 90 градусов — это должна подтвердить проверка.

ПРЕДСКАЖИ

Робот должен повернуть налево на месте. Какое колесо должно крутиться вперёд, а какое назад? Запиши до запуска.

1. Создай скетч `L22_Turn_Test` по шаблону. Функции `drive` и `stopMotors` из урока 2.1 уже есть. Напиши поворот в `setup()` по своему прогнозу.

Шаблон: проба поворота L22_Turn_Test_Gaps.ino

```
// Шаблон среднего уровня. Напиши код в разделе «Твоя часть» по целям в комме

const int LEFT_DIR_PIN = 7;
const int LEFT_SPEED_PIN = 6;
const int RIGHT_DIR_PIN = 4;
const int RIGHT_SPEED_PIN = 5;
const int FORWARD = HIGH;
const int BACKWARD = (FORWARD == HIGH) ? LOW : HIGH;
int turnSpeed = 100;
int turnMs = 400; // подбираем: время поворота на 90°

// ===== Твоя часть: напиши сам =====

void setup() {
  setupMotors();
  delay(2000);

  // Робот крутится на месте налево turnMs миллисекунд и останавливается.
}

// ===== Готовое из урока 2.1 — не меняй =====

void drive(int leftDir, int leftSpeed, int rightDir, int rightSpeed) {
  digitalWrite(LEFT_DIR_PIN, leftDir);
  digitalWrite(RIGHT_DIR_PIN, rightDir);
  analogWrite(LEFT_SPEED_PIN, leftSpeed);
  analogWrite(RIGHT_SPEED_PIN, rightSpeed);
}

void stopMotors() {
  analogWrite(LEFT_SPEED_PIN, 0);
  analogWrite(RIGHT_SPEED_PIN, 0);
}

void setupMotors() {
  pinMode(LEFT_DIR_PIN, OUTPUT);
  pinMode(LEFT_SPEED_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RIGHT_DIR_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RIGHT_SPEED_PIN, OUTPUT);
  stopMotors();
}
```

```
42
43  void loop() {
44  }
```

2. Поставь робота на пол, на лист бумаги. Прочерти карандашом линию вдоль его носа. Включи питание моторов и нажми Reset.
3. Измени программу так, чтобы робот повернул **направо**. Проверь.

Подсказка: Робот едет, а не крутится

Если оба колеса крутятся в одну сторону, робот едет. Для поворота на месте нужны разные направления.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Робот крутится на месте налево, а после твоего изменения — направо. Прогноз проверен.

2 Подбери время поворота на 90°

20 мин

На поворот 90° нужно какое-то время в миллисекундах. Узнать его можно только опытом. Как подбирать — реши сам, но меняй **только** `turnMs` и записывай каждую попытку.

1. Начерти на листе две линии под прямым углом. Поставь робота носом вдоль первой.
2. Подбирай `turnMs`, пока робот не повернёт на 90°. В журнале — не меньше четырёх попыток и объяснение, почему ты выбрал следующее число.
3. Когда поворот получился, повтори его три раза.

Попытка	`turnMs`	Что получилось	Что поменять дальше и почему
1			
2			
3			
4			

Подсказка: С какого числа начать

Посмотри, сколько повернулся робот в пробе с `turnMs = 400`. Больше 90° или меньше?

Подсказка: Каждый раз поворачивает по-разному

Проверь, что батарея заряжена, а пол ровный и не скользкий. Небольшая разница между попытками — нормально.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Робот три раза подряд поворачивает примерно на 90°. В журнале четыре попытки с объяснением и итоговое время.

3 Разворот на 180°

15 мин

ПРЕДСКАЖИ

Сколько миллисекунд нужно на разворот на 180°, если ты знаешь своё время на 90°? Запиши прогноз.

1. Проверь прогноз на полу и подправь число, если нужно. Запиши время разворота.
2. Ответь в журнале: получилось ровно вдвое больше, чем на 90°? Если нет, как ты это объяснишь?

Подсказка: Почему не ровно вдвое

Подумай, что происходит в начале поворота, когда колёса только трогаются, и в конце, когда моторы уже выключены.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Робот разворачивается и смотрит в обратную сторону. Время разворота и объяснение записаны.

2

ЗАНЯТИЕ 2 · 45 МИН

Функции поворотов

4 Функции поворотов

12 мин

1. Создай скетч `L22_Turns` по шаблону. Впиши свои времена из журнала в `turn90Ms` и `turn180Ms`.
2. Напиши `turnLeft`, `turnRight`, `turnAround` и квадрат в `setup()` сам. Функция `forward` из урока 2.1 уже есть — пользуйся ей как образцом.

Шаблон: функции поворотов L22_Turns_Gaps.ino

```ino
// Шаблон среднего уровня. Напиши код в разделе «Твоя часть» по целям в комме

const int LEFT_DIR_PIN = 7;
const int LEFT_SPEED_PIN = 6;
const int RIGHT_DIR_PIN = 4;
const int RIGHT_SPEED_PIN = 5;
const int FORWARD = HIGH;
const int BACKWARD = (FORWARD == HIGH) ? LOW : HIGH;
int speed = 100;
int turnSpeed = 100;
int turn90Ms = 400;  // впиши своё время из журнала
int turn180Ms = 800; // впиши своё время из журнала

// ===== Твоя часть: напиши сам =====

void turnLeft() {
  // Поворот на месте налево на 90° по времени turn90Ms; в конце колёса стоят
}

void turnRight() {
  // Поворот на месте направо на 90° по времени turn90Ms; в конце колёса стоя
}

void turnAround() {
  // Разворот на месте на 180° по времени turn180Ms; в конце колёса стоят.
}

void setup() {
  setupMotors();
  delay(2000);

  // Квадрат: четыре раза — вперёд 1 секунду, пауза, поворот налево, пауза.
}

// ===== Готовое из урока 2.1 — не меняй =====

void drive(int leftDir, int leftSpeed, int rightDir, int rightSpeed) {
  digitalWrite(LEFT_DIR_PIN, leftDir);
  digitalWrite(RIGHT_DIR_PIN, rightDir);
  analogWrite(LEFT_SPEED_PIN, leftSpeed);
  analogWrite(RIGHT_SPEED_PIN, rightSpeed);
```

```
}

void stopMotors() {
  analogWrite(LEFT_SPEED_PIN, 0);
  analogWrite(RIGHT_SPEED_PIN, 0);
}

void setupMotors() {
  pinMode(LEFT_DIR_PIN, OUTPUT);
  pinMode(LEFT_SPEED_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RIGHT_DIR_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RIGHT_SPEED_PIN, OUTPUT);
  stopMotors();
}

void forward(int ms) {
  drive(FORWARD, speed, FORWARD, speed);
  delay(ms);
  stopMotors();
}

void loop() {
}
```

3. Нажми **Проверить**.

Подсказка: Чем отличаются повороты

Сравни свою пробу поворота: какие колёса и в какую сторону крутятся налево, а какие — направо? А при развороте?

Подсказка: Четыре раза

Повторить одно и то же четыре раза помогает цикл `for` из урока 1.1.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Программа проверяется без ошибок. Ты можешь объяснить, чем отличаются функции поворота.

5 Квадрат

18 мин

ПРЕДСКАЖИ

Программа повторяет 4 раза: «вперёд 1 секунду, налево». Нарисуй путь в журнале. Где окажется робот в конце и куда будет смотреть?

1. Отметь старт скотчем. Запусти программу на полу три раза.
2. Каждый раз измерь, на сколько сантиметров робот не доехал до старта, и на сколько градусов примерно повёрнут его нос.
3. Объясни в журнале, почему ошибка в конце больше, чем ошибка одного поворота.

ДОЛЖНО ПОЛУЧИТЬСЯ

Три заезда с замерами и объяснение накопления ошибки.

НАЙДИ ОШИБКУ · КВАДРАТ ПРЕВРАТИЛСЯ В ЛИНИЮ

У соседей робот едет вперёд, крутится, но квадрат не получается: он ездит туда-обратно. В их `turnLeft()` стоит `delay(turn180Ms)`. Что не так?

6 Задания по уровням

15 мин

★ **СРЕДНИЙ УРОВЕНЬ · РАЗВОРОТ ОБРАТНО НА ЛИНИЮ**

Наклей на пол полоску изоленты. Поставь робота на неё, сделай разворот на 180°. Робот должен снова стоять вдоль полоски, а нос — уходить от неё не дальше её ширины. Так разворот будет работать в итоговой задаче.

ПРОВЕРЬ СЕБЯ

- [ ] Я могу объяснить, почему робот крутится на месте.
- [ ] Мои времена поворотов записаны в журнале.
- [ ] Я могу предсказать путь робота по программе из движений.

Проверь себя

★ Средний уровень

1. Разворот на 180° длится 900 мс, но робот немного недоворачивает. Что сделать?

- ○ Немного увеличить время разворота
- ○ Уменьшить время разворота
- ○ Увеличить время езды вперёд

2. Зачем проверять разворот на полоске изоленты?

- ○ Видно, насколько нос робота ушёл от линии после разворота
- ○ Изолента увеличивает сцепление колёс
- ○ На изоленте робот поворачивает быстрее

3. При turnMs = 400 робот повернул на 70°. Какое число попробовать следующим?

- ○ Оставить 400 и поменять turnSpeed
- ○ Больше 400, например 480
- ○ Меньше 400, например 320

4. Почему разворот на 180° может длиться не ровно вдвое дольше поворота на 90°?

- ○ При долгом повороте батарея даёт больше силы
- ○ delay не принимает больших чисел
- ○ Разгон в начале и доворот по инерции в конце почти не зависят от угла

5. Чем turnRight() отличается от turnLeft()?

- ○ Колёса крутятся в обратные стороны: левое вперёд, правое назад
- ○ Время поворота вдвое больше
- ○ Скорость колёс отрицательная

Отвечай на вопросы своего уровня. Нужно верных ответов: Начальный — 4 из 5; Средний — 4 из 5; Продвинутый — 4 из 5. Ответы проверит преподаватель или программа курса.

Итог

Робот поворачивает по времени, которое ты подобрал опытом. Это простой способ, но он зависит от батареи и пола. В уроке 4.2 робот научится поворачивать точнее — по датчикам: крутиться, пока не найдёт новую линию.

Как подтвердить результат

Для каждого опыта сохраняй условия, версию программы, наблюдение и вывод. Сравнивая попытки, меняй одну причину за раз; неудачные попытки тоже остаются в журнале. Отметка результата относится к уже выполненным действиям, повторять их ради отметки не нужно. Если результат не получен, запиши расхождение и следующую проверяемую гипотезу. Модель, измерения настоящего робота и объяснение — разные виды доказательств.

Словарь урока

поворот на месте	Колёса крутятся в разные стороны, и робот вращается вокруг середины между колёсами.
калибровка	Подбор числа по опыту: например, сколько миллисекунд нужно на поворот 90°.
погрешность	Насколько результат отличается от нужного: например, робот повернул на 85° вместо 90°.